

## 第1節

## 軍事科学技術をめぐる動向

## 1 軍事科学技術の動向

## 1 全般

近年の科学技術の発展は、様々な分野に波及し、経済、社会、ライフスタイルなど、多くの分野において革命とも呼ぶべき大きな変化が引き起こされている。民生分野の技術は急激に発展しており、今後のさらなる技術革新によって、将来の戦闘様相は大きく変化するとみられる。特に主要国は、人工知能技術、高出力エネルギー技術、量子技術などの先端技術の積極的な活用に注力している。

## 2 軍事分野における先端技術の活用動向

## (1) 人工知能技術

いわゆる人工知能 (AI) 技術は、近年、急速な進展が見られる技術分野の一つであり、軍事分野においては、指揮・意思決定の補助、情報処理能力の向上に加えて、自律型無人機への搭載やサイバー領域での活用など、影響の大きさが指摘されている。

米国、中国及びロシアは人工知能に関する戦略を策定し、産学官の連携のもと研究開発を進めている。米国防省は、18 (平成30) 年6月に統合AIセンター (JAIC) を設立し、19 (平成31) 年2月に公表した「国防省人工知能 (AI) 戦略」において、法的・倫理的な観点からも適切な形で人工知能を活用する方針を示している。中国政府は、17 (平成29) 年に「次世代AI発展計画」を発表し、30 (令和12) 年までに世界の主要なAIイノベーションセンターとなることを目標としている。ロシアは、17 (平成29) 年にプーチン大統領が「AI

を主導する者が世界を制する」との認識を示し、19 (令和元) 年10月に公表した「2030年までのAI発展戦略」では、AI技術開発の加速、科学研究の支援、人材育成システムの改善などを目標に掲げている。

人工知能を活用した技術としては、多様なセンサーなどから得られたデータを人に分かりやすく表示する情勢判断支援技術や、取り得る選択肢を示し指揮官などを支援する意思決定支援技術などが検討されている。米国では、開発中の先進戦闘管理システム (ABMS) の実証実験が19 (令和元) 年12月に実施された。本システムは、多様なシステムをネットワークに連結し、収集した情報をAIが分析、戦闘部隊などにネットワーク経由で迅速に共有できるようになるとされる。中国では、指揮官を支援する人工知能による意思決定支援システム導入への関心が見られ、例えば原子力潜水艦の指揮官の意思決定支援システムの開発計画があると指摘されている。

また、米国、中国及びロシアは、人工知能を搭載した自律型無人機を開発している。自律型無人機は、一般的に3D (Dangerous, Dirty, Dull) の任務への活用が想定される無人機技術と、敵の行動や戦況の変化を認識できる人工知能技術を組み合わせることで、情報収集・警戒監視・偵察 (ISR) 任務などが長時間・人命のリスクなしに広範囲で可能となる。米国防省高等研究計画局 (DARPA) は、空中射出・回収・再利用が可能なISR用の小型無人機のスウォーム飛行、潜水艦発見用の無人艦など、人工知能を搭載した無人機を開発している。例えば、DARPAが進めるグレム

リン計画の一環として、19（令和元）年11月には無人航空機X-61Aの最初の飛行試験が行われ、空中及び地上の指揮統制システムなどの検証を目的に、空中射出や1時間半以上の飛行が行われた。

中国電子科技集団公司は、18（平成30）年5月、人工知能を搭載した200機からなるスウォーム飛行を成功させる技術力の高さを見せた。このような、スウォーム飛行を伴う軍事行動が実現すれば、従来の防空システムでは対処が困難になることが想定される。また、同年11月の中国国際航空宇宙ショーで模型が展示された「彩虹7」は、高度な自律飛行が可能な戦闘型無人機とされている。

ロシアは、核弾頭を搭載可能な原子力推進の水中無人機「ポセイドン」を開発中であり、試験が成功裏に行われているとしている。

また、自律型無人機は、いわゆる自律型致死兵器システム（LAWS）に発展していく可能性も指摘されている。LAWSについては、特定通常兵器使用禁止・制限条約（CCW）の枠組みにおいて、その特徴、人間の関与のあり方、国際法の観点などから議論されている。

なお、無人航空機がパイロットのような高い自律性を有するのは40（令和22）年以降になるとの見方がある。

## （2）極超音速兵器

米国、中国及びロシアは、弾道ミサイルから発射され、大気圏突入後に極超音速（マッハ5以上）で滑空飛翔・機動し、目標へ到達するとされる極超音速滑空兵器（HGV）や、極超音速飛翔を可能とするスクラムジェットエンジンなどの技術を使用した極超音速巡航ミサイル（HCM）といった極超音速兵器の開発を行っている。極超音速兵器については、弾道ミサイルとは異なる低い軌道を、マッハ5を超える極超音速で長時間飛翔すること、高い機動性を有することなどから、探知や



19（令和元）年11月の飛行試験の様子  
【DARPA】



中国建国70周年閱兵式に登場した「DF-17」準中距離弾道ミサイル  
【EPA=時事】

迎撃がより困難になると指摘されている。

米国は、「ミサイル防衛見直し（MDR）」（19（平成31）年1月）において、ロシア及び中国が先進の極超音速兵器を開発中であり、既存のミサイル防衛システムへ挑むものとの認識を示している。また、20（令和2）年3月、極超音速兵器に関する飛行試験を実施し、成功した旨発表した。

中国は、19（令和元）年10月、中国建国70周年閱兵式においてHGVを搭載可能な弾道ミサイルとされる「DF-17」を初めて登場させており、20（令和2）年にも極超音速兵器を配備する可能性が指摘されている。ロシアは、19（令和元）年、HGV「アヴァンガード」の配備を発表したほか、HCM「ツィルコン」の開発を継続している。

## 解説

### スウォーム飛行とは

ネットワーク化により、多数の無人航空機を自律的に連携させ、群れを成して飛行させる技術。警戒監視・偵察の能力の向上や、攻撃能力の付加による飽和攻撃が可能になるとされる。

## 解説 有人機と無人機の協調技術について

現在、主要国は、有人機と協調行動を行う高度に自律化された無人航空機の開発を進めており、こうした技術は、将来の航空戦闘を大きく変化させる可能性があると考えられています。このような自律型無人機は、有人機との役割分担を行い、危険な状況下での情報収集・偵察・監視や戦闘などの任務を担当するほか、戦況から各機が採るべき戦術を策定して有人機のパイロットなどに提案し、人間による処理の負担を軽減するといった先進的な機能や能力が想定されています。また、人命リスクがなく機体が低コストといった特性を有する無人機を活用することで任務をより低リスクで行うことが可能となります。

こうした技術の実現には、例えば、飛行制御技術や群れを成して飛行するスウォーム技術などの機体制御技術、無人機と有人機・他の無人機・地上局などを結合する通信技術のほか、収集した情報を分析処理し、適時に作戦指示を作成・更新・提示するような指揮統制技術などが必要となります。また、米国が開発を進めているXQ-58A「ヴァルキリー」のように戦闘を想定している無人機は、高度な自律性に加えて、戦闘に対応できる機体性能を確保する必要がある一方、危険な任務を担当することから有人機と比較して低価格であることも求められます。このため、3Dプリンターなどの低価格化に貢献するような先端技術も併せて注目されています。

防衛省では、16（平成28）年に、わが国の技術的優越を着実に確保するため、「将来無人装備に関する研究開発ビジョン～航空無人機を中心に～」を公表しており、有人機と無人機の協調技術についても研究開発を進めています。また、この技術の研究を通して、指揮統制の自動化、省人化、最適化の実現や装備品などの自律化範囲の拡大、情報収集・判断能力の高速化・高精度化に寄与できると考えています。

**Q 参照** IV部2章2節2項（防衛技術戦略など）

米国は、有人機と高度な自律性を有した無人航空機が連携する構想の研究を推進しており、その一環として、米空軍研究所は、XQ-58Aを民間企業のクラトス社と共同開発しています。米空軍は、調達及び維持運用に必要な経費を低く抑えつつ、戦況を劇的に有利に変える戦闘力を獲得することを期待しており、「XQ-58A」1機あたりの価格は数百万ドルと報じられています。この機体の詳細な性能は明らか

になっていませんが、クラトス社によると、XQ-58Aは、全長9.4m、全幅8.2mの長距離亜音速無人航空機であり、滑走路によらずに離着陸が可能とされています。

また、ロシアは、19（令和元）年9月、大型攻撃用無人機S-70「オホートニク」と第5世代戦闘機Su-57との協調飛行試験を約30分間実施したと発表しており、飛行試験の状況を動画で公開しています。この試験においてS-70はSu-57の前方に展開し、搭載されたセンサーを使ってパイロットにターゲティング情報を伝達したとされています。

このほか、オーストラリアは、F-35AやE-7A早期警戒管制機などの有人機との連携を想定して、ボーイング社と共同で「ボーイングATS」を開発しています。中国は、18（平成30）年に200機の固定翼無人機のスウォーム飛行を成功させるなど、軍民融合のアプローチのもと、自律型無人機の開発に関して多額の予算や優れた人材などを投入するとともに、軍事分野での利用を行っていると考えられます。軍メディアなどにおいては、有人機と無人機の協調の有効性について認識が示されており、将来的に軍の組織形態をも変え得るインパクトがあるとの指摘もみられます。

### XQ-58A（ヴァルキリー）

#### 概説

20（令和2）年1月、長距離亜音速無人航空機XQ-58Aのデモ機が4回目の飛行試験を実施



【米空軍】

### S-70（オホートニク）

#### 概説

第5世代戦闘機「Su-57」（写真下）と共同飛行する大型攻撃用無人機「オホートニク」（写真上）



【ロシア国防省】

### ボーイングATS

#### 概説

早期警戒機「E-7A」（写真右）と共同飛行する複数の「ボーイングATS」のイメージ



【ボーイング】

### (3) 高出力エネルギー技術

電磁レールガンや高出力レーザー兵器、高出力マイクロ波などの高出力エネルギー兵器は、多様な経空脅威に対処するための手段として開発が進められている。

米国や中国は、電気エネルギーから発生する磁場を利用して弾丸を撃ち出す電磁レールガンを開発しており、米軍は、従来兵器である5インチ(127mm)砲と比べ射程を約10倍の約370kmとするレールガンを開発を目標としている。電磁レールガンの砲弾は、ミサイルとは異なり推進装置を有しないことから、小型・低コストかつ省スペースで備蓄可能なため、電磁レールガンによるミサイル迎撃が実現すれば、多数のミサイルによる攻撃にも効率的に対処可能とされる。米国は、25(令和7)年までに艦艇に搭載する計画としており、対地・対艦攻撃のほか対空兵器として電磁レールガンを使用する計画としている。中国は海上での試験を実施し、25(令和7)年までに実戦配備する見通しとの指摘がある。

また、米国、中国及びロシアは、レーザーのエネルギーにより対象を破壊する高出力レーザー兵器を開発している。レーザー兵器は、多数の小型無人機や小型船舶による攻撃に対する低コストで有効な迎撃手段として活用されるほか、技術の成熟度によっては従来兵器と比べて即応性に優れ、弾薬の制約から解放される可能性があることなどから、ミサイルを迎撃可能な程度まで高出力化が実現できれば、多数のミサイルによる攻撃にも効率的に対処可能な装備となり得る。米国は、19(令和元)年にレーザー式対無人機システムを空軍が取得したほか、14(平成26)年からペルシャ湾で小型UAVに対処可能な出力30kW級の艦載固体レーザー兵器「LaWS」の試験に成功しており、20(令和2)年5月に太平洋上で実施された試験では、米海軍が開発した艦載高出力レーザー実証機で飛行する無人機の無力化に成功している。同年米国は、砲弾などへの対処が可能とされる出力100kW前後の固体レーザー兵器「HELIOS」をイージス艦に試験搭載する計画である。

中国は小型UAVに対処可能な出力数30-100kW級のレーザー兵器「Silent Hunter」を国



20(令和2)年に実施された試験の様子  
【米海軍】



Phaser  
【Raytheon Technologies Corporation】

際防衛装備展示会(IDEX2017)で公開したほか、対衛星兵器としてさらに高出力のレーザー兵器も開発中との指摘がある。

ロシアは、出力数10kW級のレーザー兵器「ペレスヴェト」を既に配備しており、対衛星兵器として出力数MW級の化学レーザー兵器も開発中との指摘がある。

高出力マイクロ波技術は、UAV、ミサイルなどの経空脅威に対し、搭載する情報収集・指揮通信機器などの電子機器に破損や誤作動を生起させる技術である。米国は、この技術を用いた兵器である「Phaser」を、19(令和元)年に取得しており、米陸軍の演習において一度に2~3機、合計33機の小型無人航空機に対処した実績があるとされる。

### (4) 量子技術

「量子技術」は、日常的に感じる身の回りの物理法則とは異なる「量子力学」を応用することにより、社会に変革をもたらす重要な技術と位置づけられている。例えば、量子暗号通信は、量子の特

性を利用した暗号化技術である量子暗号技術を利用した通信方式であり、第三者が解読できない暗号通信とされる。また、量子レーダーは、量子の特性を利用して、ステルス機のステルス性を無効化できる可能性が指摘されている。量子コンピュータは、現在のスーパーコンピュータでは膨大な時間がかかる問題を、短時間かつ超低消費電力で計算することが可能となるとされ、暗号解読などの分野への応用の可能性が指摘されている。

中国は、北京・上海間約3,000kmにわたる世界最大規模の量子通信ネットワークインフラを構築したほか、16（平成28）年8月、世界初となる量子暗号通信を実験する衛星「墨子」を打上げ、18（平成30）年1月には、「墨子」を使った量子暗号通信により、中国とオーストリア間の長距離通信に成功したとしている。また、量子コンピュータを重大科学技術プロジェクトとして位置づけ、量子情報科学国家実験室の整備などのために約70億円を投資している。

### (5) その他の民生分野からの活用が見込まれる技術

民生分野における技術革新は目覚ましく、各国は、民生分野の先端技術を積極的に活用すべく注力している。

例えば、民間の移動通信インフラとして、19（平成31）年4月以降各国で相次いで商用サービスが開始されつつある第5世代移動通信システム（5G）が注目を集めている。5Gの技術では、前世代（4G）と比較して高周波数帯域における指向性アンテナによる通信技術、クラウド空間における

データ処理の品質に応じた分離や分散化、AIによるデータ処理制御など、高度な情報通信技術を組み合わせることにより、複雑なデータ処理を感じさせない高品質（高速化、低遅延化、大容量化、多数同時接続／高信頼など）なサービスの提供が実現される。このような特徴を有する5Gについて米国の国防イノベーション諮問委員会は、リアルタイムの情報共有、軍種・地理的乖離・領域をまたいだ通信の向上を実現し、複数システムをより広範なネットワークに接続可能とする能力を増進させることになると評価している<sup>1</sup>。

また、3Dプリンターに代表される積層製造技術は、低コストで通常では作成できないような複雑な形状でも製造が可能なることから、在庫に頼らない部品調達など兵站到革命が起きる可能性があり、各国で軍事技術への応用の可能性が指摘されている。例えば、米陸軍は、19（令和元）年12月に同軍HPの科学技術上の進歩に関するトップ10リストの中に3Dプリンター関連技術を挙げており、予備物品の輸送が不要になることから、「物流に本当の革命を起こすことになる」としている。また、欧州では、19（平成31）年2月に、フィンランド、フランス、ドイツ、オランダ、ポーランド、スウェーデン及びノルウェーの7か国が共同で4カ年プロジェクトを立ち上げ、3Dプリンター技術の適用可能性について検討を行っている。このほか、豪海軍では、3Dプリンターによる巡視船の部品製造を検討しており、インドでは、20（令和2）年1月、国営企業と民間企業が、インド軍の3Dプリンタープロジェクトに協力することで合意している。

## 2 防衛技術・産業基盤をめぐる動向

近年、軍事科学技術の高度化や装備品の複雑化にともない、開発・生産コストが高騰して装備品の調達単価が上昇傾向にある一方、特に欧米諸国においては、国防費の大幅な増額が困難な状況が続いている。このような中で、諸外国は、自国の防衛技術・産業基盤を維持・強化するため、各種の取組を進めている。

欧米諸国は、前述の国防費をめぐる状況を踏まえ、防衛産業の再編による競争力の強化を指向してきた。米国では、主に国内企業間の合併・統合が繰り返されたのに対し、欧州では、ドイツ、フランス、英国、イタリアを中心に、国境を越えた防衛産業の合併・統合がみられた。また、欧米諸国は、開発・生産コストの高騰に対応するため、

<sup>1</sup> 19（平成31）年4月、米国防イノベーション諮問委員会（DIB：Defense Innovation Board）による。

図表 I -3-1-1

主要通常兵器の輸出上位国  
(2015~2019年)

国・地域	世界の防衛装備品輸出 におけるシェア (%) 2015-2019年	2010-2014年 との 輸出額の比較 (%)
1 米国	36	+23
2 ロシア	21	-18
3 フランス	8	+72
4 ドイツ	6	+17
5 中国	6	+6
6 英国	4	-15
7 スペイン	3	+13
8 イスラエル	3	+77
9 イタリア	2	-17
10 韓国	2	+143

(注) 「SIPRIArmsTransfersDatabase」をもとに作成。2015~2019年の輸出額上位10カ国のみ表記(小数点第1位以下は四捨五入)

図表 I -3-1-2

アジア・大洋州における主要通常兵器  
の輸入額推移状況 (2015~2019年)

国・地域	輸入額(億米ドル) 2015-2019年	2010-2014年 との 輸入額の比較 (%)
1 インド	134.12	-32
2 豪州	71.33	+40
3 中国	63.00	+3
4 韓国	50.04	+3
5 パキスタン	38.30	-39
6 ベトナム	32.12	-9
7 日本	25.74	+72
8 インドネシア	25.53	-5
9 シンガポール	24.11	-29
10 タイ	17.41	67

(注) 「SIPRIArmsTransfersDatabase」をもとに作成。2015~2019年の輸入額上位10カ国のみ表記。

同盟国・友好国間での装備品の共同開発・生産や技術協力を推進し、①開発・生産費用の分担、②共同開発・生産の参加国全体への需要拡大、③技術の相互補完、④最先端技術の獲得による国内技術の底上げなどを目指している。

例えば、米国主導のF-35戦闘機の共同開発・生産は最大の共同開発・生産事業であり、現時点で3,300機を超える需要が見込まれ<sup>2</sup>、同機の運用・維持・整備段階も含め関係国の防衛技術・産業基盤に影響を及ぼすことになる。また、EUは、装備品の開発・取得における加盟国間での協力を促し、最先端かつ相互運用性のある装備品の効率的な生産を促進するため、加盟国が共同で行う研究・開発に対し資金提供を行う欧州防衛基金(EDF)<sup>3</sup>を設立した。

民間の国防研究開発にファンディングなどの形で各国政府が資金提供を行う例も増加している。米国では、安全保障に資するブレイクスルー技術への投資を任務とするDARPAに対し、20米会計年度において約35億5,600万ドルの研究開発予算が要求されているように、長年、国防当局により、企業や大学などによる研究に対してファンディングなどによる大規模な資金提供が行われている。英国やオーストラリアなどでも、近年の装備品開発におけるデュアル・ユース技術の活用を

受け、先進的な民生技術の取込みを目的として、民間の革新的な技術研究開発に対して資金提供を行う取組が開始されている<sup>4</sup>。

諸外国による装備品の海外輸出は冷戦期から行われてきたが、現在も多く多くの国々が輸出促進策をとっている。装備品の輸出では、米国・ロシア・欧州及び中国が引き続き上位を占める一方、韓国、トルコなどは、これまでの装備品の輸入や科学技術力の向上にともない、装備品の製造基盤が整ったことで、安価な装備品の輸出を拡大している。

近年、アジア・大洋州諸国による装備品の輸入は増加傾向にあるが、その背景には、域内の経済成長のほか、中国の影響力拡大や領有権をめぐる争いの存在、近隣諸国の軍事力発展への対応などがあると指摘されている。

装備品の輸入国の中には、国外からの装備品及び役務の調達条件として、部品の製造などへの国内企業の参画を求めるなど、輸入による防衛力整備と国内の防衛技術・産業基盤の育成の両立を可能とするためのオフセット政策<sup>5</sup>を採用する国もある。

**Q参照** 図表 I -3-1-1 (主要通常兵器の輸出上位国 (2015~2019年))

図表 I -3-1-2 (アジア・大洋州における主要通常兵器の輸入額推移状況 (2015~2019年))

- 2 共同開発・生産国はオーストラリア、カナダ、デンマーク、イタリア、オランダ、ノルウェー、トルコ、英国及び米国の9カ国、その他の取得国はイスラエル、韓国、ベルギー、ポーランド及び日本であり、これら各国の防衛技術・産業基盤が製造・整備に関与する。ただし、トルコによるロシア製ミサイル・システム「S-400」購入を受け、米国は19(令和元)年7月に共同開発計画からトルコを正式に除外する手続を開始することを決定した。
- 3 17(平成29年)年6月に設立された。
- 4 英国は16(平成28)年、産学官間のイノベーションのネットワーク化を図る国防安全保障アクセラレータ(DASA: Defence and Security Accelerator)を発足させるとともに、革新的な研究を対象とした基金を設置した。また、同年、オーストラリアもエマージング・テクノロジーを対象とした将来技術基金及び革新的な開発を対象とした基金を設置した。
- 5 オフセットの定義について、米国商務省作成議会議事録「国防関係取引に関するオフセット(第21版)」によれば、国防関係取引におけるオフセットには、共同生産、ライセンス生産、下請け契約、技術移転、購入及び支払上の支援といった産業上・商業上の見返りが含まれる。